

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-104385

(43)Date of publication of application : 02.04.2004

(51)Int.Cl.

H04B 10/04  
H04B 10/02  
H04B 10/06  
H04B 10/142  
H04B 10/152

(21)Application number : 2002-262337

(71)Applicant : KDDI SUBMARINE CABLE SYSTEMS INC  
MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 09.09.2002

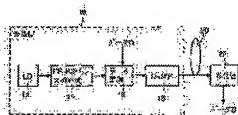
(72)Inventor : MORITA ITSURO  
TSURITANI TAKEHIRO  
AGATA AKIRA  
EDAKAWA NOBORU

(54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, OPTICAL TRANSMISSION APPARATUS, AND METHOD FOR THEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical transmission system, an optical transmission apparatus, and a method for them for using a CS-RZ signal in a narrower band.

SOLUTION: A laser diode (LD) 12 outputs a continuous light (CW light) with a wavelength  $\lambda_s$  (frequency  $f_0$ ). A CS-RZ pulse train forming apparatus 14 generates a CS-RZ optical pulse train with a bit rate B from a CW output light from the LD 12. A data modulator 16 applies intensity modulation to the output optical pulse train of the apparatus 14 according to data D to be transmitted. An optical band pass filter 18 transmits a component of the carrier frequency ( $f_0$ ) and a component with a frequency  $f_1(=f_0+B/2)$  as they are, and transmits a component with a frequency  $f_2(=f_0-B/2)$  while slightly leaving it, out of output lights of the data modulator 16.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-104385

(P2004-104385A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int. Cl. 7

H04B 10/04  
H04B 10/02  
H04B 10/06  
H04B 10/142  
H04B 10/152

F I

H04B 3/00  
H04B 3/00

L  
V

テーマコード (参考)

5K102

審査請求 未請求 請求項の数 12 ○ L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2002-262337 (P2002-262337)

(22) 出願日

平成14年9月9日(2002.9.9)

(71) 出願人

595162345

ケイアイディアイ海底ケーブルシステム株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(71) 出願人

000006013

三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(74) 代理人

100090284

弁理士 田中 常雄

(72) 発明者

森田 逸郎

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイアイディアイ研究所内

(72) 発明者

釣谷 剛宏

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイアイディアイ研究所内

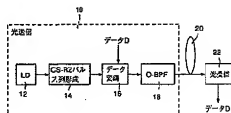
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム、光送信装置及びこれらの方

(57) 【要約】

【課題】 CS-RZ信号の伝送特性を改善する。

【解決手段】 レーザダイオード(LD)12は、波長 $\lambda$ s(周波数f0)の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14は、LD12のCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。データ変調器16は、装置14の出力光パルス列を、送信すべきデータDに従って強度変調する。光バンドパスフィルタ18は、データ変調器16の出力光の内、キャリア周波数(f0)の成分と、周波数f1(=f0+B/2)の成分をそのまま透過し、(周波数f2(=f0-B/2)の成分を僅かに残すように透過する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

光送信装置（10）、光ファイバ伝送路（20）及び光受信装置（22）からなる光伝送システムであって、当該光送信装置（10）が、光キャリア周波数（f0）のCS-RZ光パルス列を発生するCS-RZ光パルス列発生装置（12、14）と、

データレート（B）の送信すべきデータ（D）で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調し、これにより、キャリア周波数（f0）の第1成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を減算した周波数（f0-B/2）の第2成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を加算した周波数（f0+B/2）の第3成分を含む被変調光を出力するデータ変調器（16）と、当該被変調光から当該第1成分、第2成分及び第3成分を抽出して光ファイバ伝送路（20）に出力する帯域制限フィルタであって、被変調光に対する雑調量をA、フィルタ帯域幅をWとしたとき、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ である帯域制限フィルタ（18）とを具備することを特徴とする光伝送システム。

## 【請求項2】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項1に記載の光伝送システム。

## 【請求項3】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項1に記載の光伝送システム。

## 【請求項4】

光キャリア周波数（f0）のCS-RZ光パルス列を発生し、

データレート（B）の送信すべきデータ（D）で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調することにより、キャリア周波数（f0）の第1成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を減算した周波数（f0-B/2）の第2成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を加算した周波数（f0+B/2）の第3成分を含む被変調光を生成し、

当該被変調光から当該第1成分、当該第2成分及び第3成分をフィルタ帯域幅（W）及び雑調量（A）で抽出し、

抽出された成分が光ファイバ伝送路を伝搬し、当該光ファイバ伝送路の出力光から当該データを受信する

光伝送方法であって、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ であることを特徴とする光伝送方法。

## 【請求項5】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項4に記載の光伝送方法。

## 【請求項6】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項4に記載の光伝送方法。

## 【請求項7】

光キャリア周波数（f0）のCS-RZ光パルス列を発生するCS-RZ光パルス列発生装置（12、14）と、

データレート（B）の送信すべきデータ（D）で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調し、キャリア周波数（f0）の第1成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を減算した周波数（f0-B/2）の第2成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を加算した周波数（f0+B/2）の第3成分を含む被変調光を出力するデータ変調器（16）と、

当該被変調光から当該第1成分、当該第2成分及び第3成分を抽出し、光ファイバ伝送路（20）に出力する帯域制限フィルタであって、当該被変調光に対する雑調量をA、フィルタ帯域幅をWとしたとき、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ である帯域制限フィルタ（18）とを具備することを特徴とする光送信装置。

## 【請求項8】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項7に記載の光送信装置。

## 【請求項9】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項7に記載の光送信装置。

## 【請求項10】

光キャリア周波数（f0）のCS-RZ光パルス列を発生し、データレート（B）の送信すべきデータ（D）で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調することにより、キャリア周波数（f0）の第1成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を減算した周波数（f0-B/2）の第2成分と、キャリア周波数（f0）からデータレートの半分（B/2）を加算した周波数（f0+B/2）の第3成分を含む被変調光を生成し、

当該被変調光から当該第1成分、当該第2成分及び第3成分をフィルタ帯域幅（W）及び雑調量（A）で抽出する

光伝送方法であって、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ であることを特徴とする光伝送方法。

【請求項11】  
 $0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項10に記載の光伝送方法。

【請求項12】  
 $A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項10に記載の光伝送方法。

【発明の詳細な説明】  
【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システム、光送信装置及びこれらの方法に関し、より具体的には、搬送波抑圧・リターン・ツー・ゼロ (CS-RZ) 信号を使用する光伝送システム、光送信装置及びこれらの方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ通信の分野では、伝送容量の拡大のために高密度波長多重 (DWDM) が使用され、近年では、波長間隔をより狭くする方向で開発が進んでいる。

【0003】

高密度波長多重を実現する方式として、単一側波帯 (SSB) 伝送又は残留側波帯 (VSB) 伝送が、提案されている。例えば、米国特許第 6088147 号公報、米国特許第 6141141 号公報 (又は特開平 10-213830 号公報)、米国特許第 6262834 号公報、及び特開 2001-264710 公報 (又は米国公開 2002075546 号公報) がある。

【0004】

搬送波を抑圧した光強度変調信号を角度変調するシステムが、米国特許第 6211996 号公報 (又は特開 2001-133824 号公報) に記載されている。

【0005】

また、CS-RZ 信号は、狭帯域であるという特徴があり、光 DWDM の適用が有望視されている。例えば、Y. Miyamoto et al., "320 Gbit/s (8 × 40 Gbit/s) WDM transmission over 367 km zero-dispersion-flattened line with 120-km repeater spacing using carrier-suppressed return-to-zero pulse format", Optical Society of America (OSA) Trends in Optics and Photonics (TOPS), vol. 30, Optical Amplifiers and Their Applications, (1999) を参照されたい。参考のため、この論文の記載内容は本明細書中に取り込まれる。

【0006】

図 8 は、CS-RZ 光信号のスペクトル例を示す。隣接するタイムスロットにおける光パルスの位相を反転させることにより、図 8 に示すように、光キャリア (周波数  $f_0$ ) を抑圧した RZ パルス信号を生成できる。この観点から、CS-RZ 信号は、図 9 に示すように、2 つの NRZ 信号の合成からなると理解されている。図 8 及び図 9 において、横軸は周波数 (波長)、縦軸は光強度を示す。

【0007】

従来、CS-RZ 信号を更に狭帯域にするには、図 10 に示すように、キャリア周波数  $f_0$  の両側の周波数  $f_1$ ,  $f_2$  のスペクトルの両方を一緒に伝送する必要があると考えられてきた (例えば、N. Yoshikane et al., "50GHz-spaced 55 × 42.7 Gb/s transmission over 2500 km using a SPM-based all-optical reshaper", Optical amplifiers and their applications topical meeting (OAA 2002), PDP6)。図 10 は、図 8 に示す光スペクトルの CS-RZ 光信号から上側スペクトル成分 (周波数  $f_1$ ) 及び下側スペクトル成分 (周波数  $f_2$ ) の両方を対称的に抽出した結果のスペクトル例を示す。図 10 で、横軸は周波数 (波長)、縦軸は、光強度を示す。

【0008】

RZ 光信号のビットレートを  $B$  (bps) としたとき、 $f_1 - f_0 = B/2$   
 $f_0 - f_2 = B/2$   
である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、伝送特性の向上、WDM の密度向上及び/又は伝送距離の増大のために、更に狭帯域化したいとする要望がある。

【0010】

本発明は、より狭帯域の CS-RZ 信号を使用する光伝送システム、光送信装置及びこれらの方法を提示することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明では、CS-RZ 光パルス列をデータ変調し、これにより、キャリア周波数 ( $f_0$ ) の第 1 成分と、キャリア周波数 ( $f_0$ ) からデータレート (半分の  $B/2$ ) を減算した周波数 ( $f_0 - B/2$ ) の第 2 成分と、キャリア周波数 ( $f_0$ ) からデータレート (半分の  $B/2$ ) を加算した周波数 ( $f_0 + B/2$ ) の第 3 成分を含む被変調光を生成する。そして、帯域制限フィルタにより、当該被変調光から当該第 1 成分、第 2 成分及び第 3 成分を抽出して光ファイバ伝送路 (20) に出力する。但し、当該帯域制限フィルタの被変調光に対する離隔量を  $A$ , フィルタ帯域幅を  $W$  としたとき、 $0 < A \times B/W^2 < 0.225$  である。より好ましくは、 $0.09 < A \times B/W^2 < 0.2$  であり、最も好ましい条件として、 $A \times B/W^2$  が実質的に 0.15 である。

【0012】

【実施例】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0013】

図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。光送信装置10は、レーザダイオード(LD)12、CS-RZパルス列形成装置14、データ変調器16及び帯域制限フィルタとしての光バンドパスフィルタ(OBPF)18を具備する。

【0014】

レーザダイオード12は、波長 $\lambda$ s(周波数 $f_0$ )の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14は、レーザダイオード12のCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。このような装置は、上述のY. Miyamoto他の論文に記載されている。

【0015】

データ変調器16は、CS-RZパルス列形成装置14から出力される光パルス列を、送信すべきデータDに従って強度変調する。例えば、データ変調器16は、データDの2進値"0"に対して、CS-RZパルス列形成装置14から出力される光パルスをブロックし、データDの2進値"1"に対して、CS-RZパルス列形成装置14から出力される光パルスを透過する。

【0016】

データ変調器16の出力光は、例えば、図9に示すような光スペクトルを具備する。帯域制限フィルタとしての光バンドパスフィルタ18は、データ変調器16の出力光の内、光キャリア周波数 $f_0$ の成分と、周波数 $f_1$ ( $=f_0+B/2$ )の上側成分をそのまま透過し、周波数 $f_2$ ( $=f_0-B/2$ )の下側成分を僅かに残すように透過する。図2は、図8に示す光スペクトルに対する光バンドパスフィルタ18の出力光の光スペクトル例を示す。横軸は波長(周波数)、縦軸は光強度を示す。即ち、従来例では、周波数 $f_1$ の上側成分と周波数 $f_2$ の下側成分を均等に透過するように、光バンドパスフィルタの中心周波数を光キャリア周波数 $f_0$ に一致させたが、本実施例では、光バンドパスフィルタ18の中心周波数を光キャリア周波数 $f_0$ からずらして、上側成分(又は下側成分)をそのまま透過しつつ、下側成分(又は上側成分)を僅かに透過するようにした。

【0017】

光バンドパスフィルタ18の出力光は、光送信装置10の出力光として光ファイバ伝送路20に入力する。光受信装置22は、光ファイバ伝送路20を伝搬した信号光を受信し、データDを復元する。

【0018】

帯域制限フィルタである光バンドパスフィルタ18の離調の影響を実際に調べた。図3は、4.2.7Gb/sのCS-RZ光信号に本実施例を適用した場合の測定結果を示す。光バンドパスフィルタ18として、第4次 gaussian フィルタを使用した。横軸は、光バンドパスフィルタ18の中心波長と、CS-RZ光信号の光キャリア

波長との差 $\Delta\lambda$ を示す。縦軸は、所定距離伝搬したときの $Q^2$ を示す。 $\Delta\lambda=0$ が従来例の場合を示す。図3から分かるように、光バンドパスフィルタ18のこの帯域では、 $-0.055<\Delta\lambda<0$ の場合、 $\Delta\lambda=0$ の場合よりも、 $Q^2$ が改善される。 $\Delta\lambda=-0.04$ (nm)のときに $Q^2$ が最大になる。

【0019】

光バンドパスフィルタ18の帯域をこれとは別の値にした場合、周波数 $f_2$ の成分をより削減した場合でも、対称帯域制限の場合に比べて、より大きな $Q^2$ を得ることができた。即ち、本実施例では、光バンドパスフィルタ18は、少なくとも一方の側波帯成分を透過すればよいことになる。

【0020】

図4は、 $\Delta\lambda=0$ のとき、即ち、対称帯域制限の場合のアイパターンを示す。このとき、 $Q^2=23.74$ (dB)であった。図5は、非対称帯域制限( $\Delta\lambda=-0.04$ (nm))の場合のアイパターンを示す。このとき、 $Q^2=28.11$ (dB)であった。

【0021】

図6は、4.2.7Gb/sのCS-RZ光信号に対して光バンドパスフィルタ18の作用を測定した結果を示す。横軸は、光バンドパスフィルタ18の、被変調波(データ変調器16の出力)に対する離調量Aを、送信すべきデータDのデータレートBと非対称帯域幅Wで規格化した値を示す。具体的には、横軸は、 $(A/W) \times (B/W)$ である。縦軸は、離調量Aが0の場合の $Q^2$ 値からの改善量(dB)を示す。

【0022】

光バンドパスフィルタ18のフィルタ帯域幅として、4.5GHz、6.0GHz及び7.0GHzを設定した。実線が4.5GHzの場合、破線が7.0GHzの場合、一点鎖線が6.0GHzの場合の測定結果をそれぞれ示す。 $(A/W) \times (B/W)$ が0.15であるときに、フィルタ帯域幅に関わらず、 $Q^2$ が最も改善されていることがわかる。

【0023】

$0 < A \times B / W^2 < 0.225$ の範囲では、従来の対称制限(離調0)の場合よりも改善され得る。 $0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ とすると、従来の対称制限(離調0)の場合に比べて、2dB以上改善する。

【0024】

ちなみに、フィルタ帯域幅が4.5GHzの場合、離調0では $Q^2$ は19.9dBであったが、最適に離調を設定すると、 $Q^2$ 値は23.5dBとなった。フィルタ帯域幅が6.0GHzの場合、離調0では $Q^2$ は17.1dBであったが、最適に離調を設定すると、 $Q^2$ 値は24.5dBとなった。フィルタ帯域幅が7.0GHzの場合、離調0では $Q^2$ は19.5dBであったが、最適に離調を設定すると、 $Q^2$ 値は24.5dBとなった。

【0025】

図7は、WDM光送信装置の実施例の概略構成ブロック図を示す。この実施例では、2n個の波長を多重する。

【0026】

レーザダイオード301〜302n-1は、それぞれ、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2n-1}$ の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14と同様の構成からなるCS-RZパルス列形成装置321〜322n-1は、それぞれ、レーザダイオード301〜302n-1のCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。データ変調器341〜342n-1はそれぞれ、CS-RZパルス列形成装置321〜322n-1から出力される光パルス列を、送信すべきデータD1〜D2n-1に従って強度変調する。CS-RZパルス列形成装置321〜322n-1及びデータ変調器341〜342n-1の作用は、それぞれ、CS-RZパルス列形成装置14及びデータ変調器16の作用と同じである。アレイ導波路格子(AWG)36aが、データ変調器341〜342n-1の出力光を合流する。アレイ導波路格子(AWG)36aは、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2n-1}$ の信号光を波長分割多重する多重装置として機能する。奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2n-1}$ のみでは、隣接する波長間でスペクトルが重ならないので、この段階では、帯域を制限しなくても良い。

【0027】

偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2n}$ に対する構成は、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2n-1}$ に対する上述の構成と基本的に同じである。即ち、レーザダイオード302〜302nは、それぞれ、偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2n}$ の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14と同様の構成からなるCS-RZパルス列形成装置322〜322nは、それぞれ、レーザダイオード302〜302nのCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。データ変調器342〜342nはそれぞれ、CS-RZパルス列形成装置322〜322nから出力される光パルス列を、送信すべきデータD2〜D2nに従って強度変調する。アレイ導波路格子(AWG)36bが、データ変調器342〜342nの出力光を合流する。

【0028】

CS-RZパルス列形成装置321〜322n及びデータ変調器341〜342nの作用は、それぞれ、CS-RZパルス列形成装置14及びデータ変調器16の作用と同じである。アレイ導波路格子36aは、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2n-1}$ の信号光を波長分割多重する多重装置として機能し、アレイ導波路格子36bは、偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2n}$ の信号光を波長分割多重する多重装置として機能する。偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2n}$ のみでは隣接する波長間でスペクトルが重ならないので、こ

の段階では、帯域を制限しなくても良い。

【0029】

波長インターリバ38はアレイ導波路格子36a, 36bの出力光を合流する。波長インターリバ38は、光バンドパスフィルタ特性を具備するので、波長インターリバ38の光バンドパスフィルタの中心波長を調節することで、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2n-1}$ の信号光と偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2n}$ の信号光に対して一括して、所望の離調を施すことができる。即ち、波長インターリバ38が、光バンドパスフィルタ18の機能を果たす。

【0030】

【発明の効果】

以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、CS-RZ信号の伝送特性を大幅に改善できる。1チャネルのスペクトル幅を狭くしつつ、伝送特性を改善できるので、WDMの多重密度を高めることができると共に、伝送距離を長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】光バンドパスフィルタ18の出力光の光スペクトル例である。

【図3】光バンドパスフィルタの離調と $Q^2$ 値との関係の測定例である。

【図4】従来例による対称帯域制限の場合のアイバタートン例である。

【図5】本実施例による $\Delta\lambda = 0.04 \text{ nm}$ の場合のアイバタートン例である。

【図6】光バンドパスフィルタ18の離調量と $Q^2$ 改善量との関係の測定例である。

【図7】WDM送信装置の実施例の概略構成ブロック図である。

【図8】CS-RZ信号の光スペクトル例である。

【図9】CS-RZ信号を構成する2つのNRZ(ノンリターンゼロ)信号の光スペクトル例である。

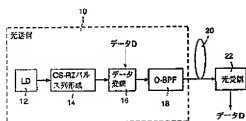
【図10】従来の対称帯域制限の場合の光スペクトル例である。

【符号の説明】

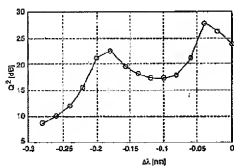
- 10：光送信装置
- 12：レーザダイオード(LD)
- 14：CS-RZパルス列形成装置
- 16：データ変調器
- 18：光バンドパスフィルタ
- 20：光ファイバ伝送路
- 22：光受信装置
- 301〜302n：レーザダイオード
- 321〜322n：CS-RZパルス列形成装置
- 341〜342n：データ変調器
- 36a, 36b：アレイ導波路格子

38: 波長インターリーバ

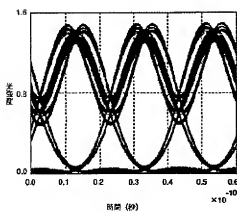
【図1】



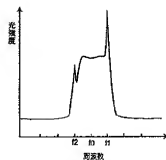
【図3】



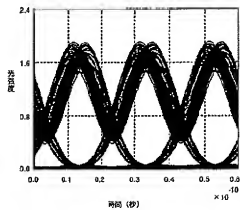
【図5】



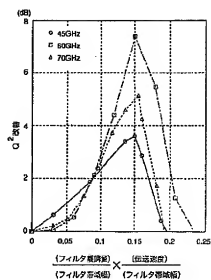
【図2】



【図4】

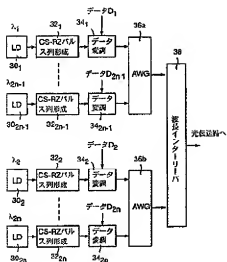


【図6】

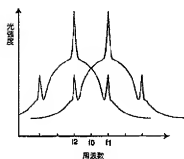




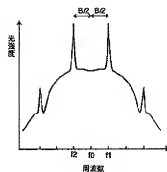
【図7】



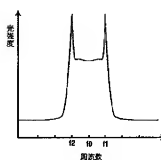
【図9】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 熊 亮

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディーディーアイ研究所内

(72)発明者 枝川 登

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディーディーアイ研究所内

Ｆターム(参考) 5K102 A406 A408 A402 A423 A426 A431 PC12 PC17